



Nagoya City University Academic Repository

学位の種類	博士（生体情報）
報告番号	甲第1772号
学位記番号	第19号
氏名	安井 明代
授与年月日	令和2年 3月 25日
学位論文の題名	2色覚の色の見えモデルにおける色弁別閾に関する研究
論文審査担当者	主査： 田中 豪 副査： 中村 篤，三浦 均，溝上 陽子（千葉大学）

学 位 論 文 内 容 要 旨 （1／2）

氏 名	安井 明代	提出年月日	令和 2年 1月 9日
主論文名	2色覚の色の見えモデルにおける色弁別閾に関する研究		
<p>（学位論文中の要旨と同じ内容で可）</p> <p>ヒトの色知覚には3種類の錐体細胞が関与している. 3種類の錐体が機能する場合を3色覚, いずれか1種類の錐体が機能しない場合を2色覚という. 3色覚者と2色覚者では色の見えが異なる. 色は直感的な情報伝達手段として有用であり様々な状況で用いられているが, 色を使った情報伝達は3色覚者の見えを標準としていることが多い. 地図などの画像に2色覚者が弁別できない色の組み合わせが含まれる場合, 必要な情報が2色覚者に正しく伝達されないという問題がある.</p> <p>2色覚者には弁別できない色の組み合わせを, 弁別しやすい色の組み合わせに変換することを色覚バリアフリー化色変換と呼ぶ. スマートフォンなど, 個人で用いるデバイスのディスプレイ上での色覚バリアフリー化色変換を考える. 色覚バリアフリー化色変換のためのアルゴリズムでは, 多くの場合, 2色覚の色の見えを表現するシミュレーション(以降, 単にシミュレーションと呼ぶ)を利用している. シミュレーションは通常, 平均的な観測者の色の見えを表現している. 同じ色覚のヒト同士でも色の知覚には個人差があり, シミュレーションが個々の2色覚者(デバイスの使用者)に最適であるという保証はない. 色覚バリアフリー化色変換において重要となるのは, 使用者が色の組み合わせを弁別できるか否かである. すなわち, デバイスの使用者が色の組み合わせを弁別できる限界(色弁別閾θ)付近においてシミュレーションが使用者に適していることが求められる. しかし, この適合性を検討する手法はこれまで提案されていない.</p> <p>関連研究として, θ 付近におけるシミュレーションの正確性を心理物理学的測定により検討したものが挙げられる(以降, 参考手法と呼ぶ). 参考手法では, 段階的に変化した色刺激を2色覚及び3色覚の観測者に提示する実験を行う.</p> <p>2色覚者には錐体の反応強度を表した色空間であるLMS色空間において変化した色刺激を提示する(提示A). 3色覚者には提示Aで用いる色刺激をシミュレーションしたものを提示する(提示B). 提示Aと提示Bの実験から色弁別閾θ^Aとθ^Bを得る. θ^Aとθ^Bを比較することでシミュレーションの正確性を検討する. なお, この正確性は平均的な観測者に対するものとなる.</p> <p>本論文では, 参考手法に基づいて, (平均的な観測者に対する正確性ではなく) 個々の2色覚者に対するθ付近におけるシミュレーションの適合性を検討する手法を</p>			

(システム自然科学研究科)

学 位 論 文 内 容 要 旨 (2 / 2)

氏 名	安井 明代	提出年月日	令和 2 年 1 月 9 日
主論文名	2 色覚の色の見えモデルにおける色弁別閾に関する研究		
<p>提案する. 提案手法では, 一人の 2 色覚者を観測者として心理物理学的測定による実験を行うことで, その 2 色覚者に対するシミュレーションの適合性を調べる. 提案手法の色刺激は, ディスプレイの色表示に用いられる RGB 色空間において変化させたものの (提示 A) とそれをシミュレーションしたもの (提示 B) である. 一人の 2 色覚者が提示 A と提示 B の実験を行い, Θ^A と Θ^B を得る. 提案手法では, 参考手法と異なり, Θ^A と Θ^B の関係性を統計的な方法で検討する. Θ^A と Θ^B の相関係数 (及び回帰直線の傾きと切片を求め, Θ^A と Θ^B の一致度を調べることで, Θ 付近でのシミュレーションとの適合性を検討する. 民生用のデバイスのディスプレイのビット深度は一般的に 8 ビットであり, このようなディスプレイ (標準的なディスプレイ) 上でシミュレーションがデバイスの使用者 (2 色覚者) に適合していることが望まれる. 提案手法は, 標準的なディスプレイにおいて, 使用者とシミュレーションの Θ 付近での適合性を十分な精度で判定できることを目的としたものである.</p> <p>提案手法では, 判定結果の信頼性を高めるために, 参考手法と比べて以下の違いがある. 参考手法では, 2 色覚において機能している錐体に着目して色刺激を作成する. 具体的には, LMS 色空間において, 機能している二つの錐体に対応する平面上で LMS 値を変化させて提示する色を指定する. この LMS 値に対応する RGB 値は, 基本的に実数 (非整数) となる. 一方, ディスプレイに表示可能な色は整数の RGB 値で表現できるもののみであり, LMS 値で指定した本来表示したい色とは違い (丸め誤差) がある. 参考手法はシミュレーションの正確性を調べるのが目的であり, ビット深度が十分に大きいディスプレイを用いている. そのようなディスプレイを用いれば丸め誤差は無視できる程度であるが, 標準的なディスプレイでは丸め誤差を無視することができない. 提案手法では, LMS 値ではなく, 整数の RGB 値により色を指定することで丸め誤差を低減している. また, 参考手法では, 提示 A と提示 B で得られた結果について, 検討対象であるシミュレーションのアルゴリズム (シミュレーションモデル) を用いて Θ を求めている. すなわち, 検討過程の計算 (Θ の計算過程) に検討対象自体が含まれるという問題がある. 一方, 提案手法では, RGB 値を変化させたときの変化量を用いて Θ を表現するので, シミュレーションモデルは Θ の計算過程に含まれない.</p>			

博士論文審査結果の要旨及び最終試験結果の要旨

論文提出日	令和 2 年 1 月 9 日
学位試験日	令和 2 年 2 月 19 日

受付番号	1	論文提出者	安井 明代	
博 士 論 文 審 査 結 果				
学 位 審 査 委 員	主 査	田 中 豪	副 査	中村 篤、三浦 均、溝上陽子（千葉大学）
主論文題目	2 色覚の色の見えモデルにおける色弁別閾に関する研究			
論文審査結果の要旨				
<p>色の知覚には個人差がある。2 色覚の色の見えを表現するシミュレーション（以降、単にシミュレーションと呼ぶ）では、通常、平均的な観測者の色の見えを表現しており、シミュレーションが個々の 2 色覚者の色の見えを正確に表しているという保証はない。本論文では、個々の 2 色覚者に対するシミュレーションの適合性を判定する手法が提案されている。このような手法はこれまで提案されておらず、新規性について高く評価できる。</p> <p>色の組み合わせを弁別できる限界を色弁別閾と呼び、Θ で表す。提案手法では、個々の 2 色覚者に対する Θ 付近におけるシミュレーションの適合性を心理物理学的測定により判定する。色を表示するディスプレイのビット深度は現在標準的な 8 ビットを想定し、このような標準的なディスプレイ上でのシミュレーションの適合性を判定できることを目的としている。論文では、2 名の 2 色覚者に対してある 2 色覚の色の見えモデルの適合性を判定した例が掲載されている。</p> <p>論文について、構成自体に問題はないが、実験についての記述を加筆する必要があった。Θ の測定誤差がシミュレーションの適合性の判定に与える影響の程度や、測定された Θ の分布についての考察を加筆するように論文提出者に指示した。加筆・修正された論文の内容は本研究科博士の学位に値すると判断する。</p>				
最 終 試 験 結 果				
最 終 試 験 担当者	主 査	田 中 豪	副 査	中村 篤、三浦 均、溝上陽子（千葉大学）
最終試験結果の要旨				
<p>公聴会並びに最終試験では、審査委員より論文の内容について質疑がなされた。加えて、実験結果について、論文に記述されていない事柄（実験結果に対する考察）についても質疑がなされた。論文提出者は概ね適切に回答していた。論文提出者は十分な学識を有すると判断できる。また、論文提出者は国外・国内学会での発表経験も十分に積んでいる。以上より、本研究科博士の学位授与に値すると判断し、合格とする。</p>				